

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-144260

(43)Date of publication of application : 21.05.2002

(51)Int.Cl.

B25J 5/00

B25J 13/00

B25J 19/06

(21)Application number : 2000-344592

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 13.11.2000

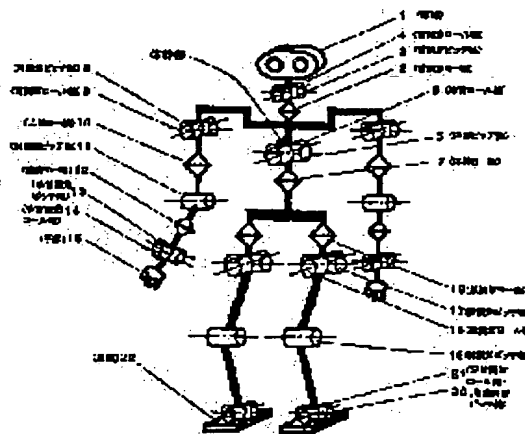
(72)Inventor : SAIJO HIROKI

(54) LEG TYPE MOVING ROBOT AND ITS CONTROL METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a leg type moving robot capable of self-maintaining it by investigating a cause of a failure by autonomic self-diagnosis.

SOLUTION: A function and a motion of a frame body are autonomically confirmed and diagnosed and improvement and adjustment is carried out in accordance with a self-diagnostic result by combination of a plural number of sets of input of a visual sensor, a microphone, a distance measuring sensor, a position sensor, etc., and output of an articulated actuator, a speaker, etc. Confirmation of an unconfirmed function unit is carried out by using the function unit finishing confirmation in advance. The point of issue impossible to improve is informed to the user through the normal function unit finishing confirmation work.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Best Available Copy



Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-144260
(P2002-144260A)

(43) 公開日 平成14年5月21日 (2002.5.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
B 2 5 J	5/00	B 2 5 J	F 3 F 0 5 9
	13/00		Z
	19/08		

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 21 頁)

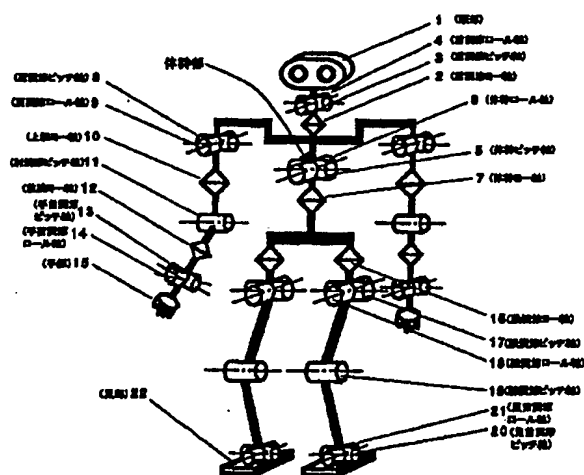
(21) 出願番号	特願2000-344592(P2000-344592)	(71) 出願人	000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
(22) 出願日	平成12年11月13日 (2000.11.13)	(72) 発明者	西條 弘樹 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
		(74) 代理人	100101801 弁理士 山田 英治 (外2名) Fターム(参考) 3F059 AA00 BA02 BB06 BC10 DD18

(54) 【発明の名称】 脚式移動ロボット及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】 自律的な自己診断により故障原因を究明して自己整備することができる脚式移動ロボットを提供する。

【解決手段】 ロボットに搭載された視覚センサ、マイク、測距センサ、姿勢センサなどの入力と、関節アクチュエータ、スピーカなどの出力を複数組み合わせることで、機体の機能・動作を自律的に確認・診断するとともに、自己診断結果に基づいて改善や調整を行う。先に確認が済んだ機能ユニットを用いて未確認の機能ユニットの確認を行う。改善不可能な問題点は、確認作業が終了した正常な機能ユニットを介してユーザに通知する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の関節駆動アクチュエータと1以上の機能ユニットで構成される脚式移動ロボットであって、前記関節駆動アクチュエータの動作が正常であるか否かを確認する関節動作確認手段と、前記関節動作確認手段によって前記関節駆動アクチュエータが正常動作することが確認されたことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を用いて前記機能ユニットの動作が正常であるか否かを確認する機能ユニット動作確認手段と、を具備することを特徴とする脚式移動ロボット。

【請求項2】前記関節駆動アクチュエータ動作確認手段及び／又は機能ユニット動作確認手段が動作エラーを検出したことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を利用してユーザに該エラーを通知するエラー通知手段をさらに備えることを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項3】前記機能ユニットは、外部環境に対して音声データの入出力を行う音声入出力部、前記脚式移動ロボットの機体の姿勢を検出する姿勢検出部、外部環境上の所定の対象物までの距離を測定する測距部、外部環境から画像を入力する画像入力部のうち少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項4】複数の関節駆動アクチュエータと音声入出力部とその他の機能ユニットで構成される脚式移動ロボットであって、前記関節駆動アクチュエータの動作が正常であるか否かを確認する関節動作確認手段と、前記関節動作確認手段によって前記関節駆動アクチュエータが正常動作することが確認されたことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を用いて前記音声入出力部の動作が正常であるか否かを確認する音声入出力動作確認手段と、前記音声入出力動作確認手段によって前記音声入出力部が正常動作することが確認されたことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を用いて前記機能ユニットの動作が正常であるか否かを確認する機能ユニット動作確認手段と、を具備することを特徴とする脚式移動ロボット。

【請求項5】前記関節駆動アクチュエータ動作確認手段及び／又は音声入出力動作確認手段が動作エラーを検出したことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を利用してユーザに該エラーを通知するエラー通知手段をさらに備えることを特徴とする請求項4に記載の脚式移動ロボット。

【請求項6】前記機能ユニットは、前記脚式移動ロボットの機体の姿勢を検出する姿勢検出部、外部環境上の所定の対象物までの距離を測定する測距部、外部環境から画像を入力する画像入力部のうち少なくとも1つを含む

ことを特徴とする請求項4に記載の脚式移動ロボット。

【請求項7】前記機能ユニット動作確認手段が前記機能ユニットの動作エラーを検出したことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動及び／又は前記音声入出力部による音声出力を利用してユーザに該エラーを通知するエラー通知手段をさらに備えることを特徴とする請求項4に記載の脚式移動ロボット。

【請求項8】複数の関節駆動アクチュエータと1以上の機能ユニットで構成される脚式移動ロボットの制御方法であって、

前記関節駆動アクチュエータの動作が正常であるか否かを確認する関節動作確認ステップと、前記関節動作確認ステップによって前記関節駆動アクチュエータが正常動作することが確認されたことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を用いて前記機能ユニットの動作が正常であるか否かを確認する機能ユニット動作確認ステップと、を具備することを特徴とする脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項9】前記関節駆動アクチュエータ動作確認ステップ及び／又は機能ユニット動作確認ステップにおいて動作エラーを検出したことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を利用してユーザに該エラーを通知するエラー通知ステップをさらに備えることを特徴とする請求項8に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項10】前記機能ユニットは、外部環境に対して音声データの入出力を行う音声入出力部、前記脚式移動ロボットの機体の姿勢を検出する姿勢検出部、外部環境上の所定の対象物までの距離を測定する測距部、外部環境から画像を入力する画像入力部のうち少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項8に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項11】複数の関節駆動アクチュエータと音声入出力部とその他の機能ユニットで構成される脚式移動ロボットの制御方法であって、前記関節駆動アクチュエータの動作が正常であるか否かを確認する関節動作確認ステップと、前記関節動作確認ステップによって前記関節駆動アクチュエータが正常動作することが確認されたことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を用いて前記音声入出力部の動作が正常であるか否かを確認する音声入出力動作確認ステップと、前記音声入出力動作確認ステップによって前記音声入出力部が正常動作することが確認されたことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を用いて前記機能ユニットの動作が正常であるか否かを確認する機能ユニット動作確認ステップと、を具備することを特徴とする脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項12】前記関節駆動アクチュエータ動作確認ステップ及び／又は音声入出力動作確認ステップにより動作エラーを検出したことに応答して、前記関節駆動アク

10

20

30

40

50

チュエータの駆動を利用してユーザに該エラーを通知するエラー通知ステップをさらに備えることを特徴とする請求項11に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項13】前記機能ユニットは、前記脚式移動ロボットの機体の姿勢を検出する姿勢検出部、外部環境上の所定の対象物までの距離を測定する測距部、外部環境から画像を入力する画像入力部のうち少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項11に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【請求項14】前記機能ユニット動作確認ステップが前記機能ユニットの動作エラーを検出したことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動及び/又は前記音声入出力部による音声出力を利用してユーザに該エラーを通知するエラー通知ステップをさらに備えることを特徴とする請求項11に記載の脚式移動ロボットの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の可動脚を備えて歩行などの脚式作業を行う脚式移動ロボット及びその制御方法に係り、特に、音声や画像などの入力に基づくユーザとの対話によって行動計画を立てたり、ユーザ入力に頼らず自律的に行動計画を立てることができる行動計画型の脚式移動ロボット及びその制御方法に関する。

【0002】更に詳しくは、本発明は、「対話駆動」又は「自律駆動」を行う期間中に異常や故障が発生したりトラブルに巻き込まれた場合であっても、その原因を究明して自己整備することができる脚式移動ロボット及びその制御方法に関する。

【0003】

【従来の技術】電気的若しくは磁気的な作用を用いて人間の動作に似せた運動を行う機械装置のことを「ロボット」という。ロボットの語源は、スラブ語の「ROBOTA(奴隷機械)」に由来すると言われている。わが国では、ロボットが普及し始めたのは1960年代末からであるが、その多くは、工場における生産作業の自動化・無人化などを目的としたマニピュレータや搬送ロボットなどの産業用ロボット(industrial robot)であった。

【0004】アーム式ロボットのように、ある特定の場所に植設して用いるような据置きタイプのロボットは、部品の組立・選別作業など固定的・局所的な作業空間でのみ活動する。これに対し、移動式のロボットは、作業空間は非限定的であり、所定の経路上または無経路上を自在に移動して、所定の若しくは任意の人的作業を代行したり、ヒトやイヌあるいはその他の生命体に置き換わる種々の幅広いサービスを提供することができる。なかでも脚式の移動ロボットは、クローラ式やタイヤ式のロボットに比し不安定で姿勢制御や歩行制御が難しくなるが、階段や梯子の昇降や障害物の乗り越えや、整地・不

整地の区別を問わない柔軟な歩行・走行動作を実現できるという点で優れている。

【0005】最近では、イヌやネコのように4足歩行の動物の身体メカニズムやその動作を模したベット型ロボット、あるいは、ヒトのような2足直立歩行を行う動物の身体メカニズムや動作をモデルにしてデザインされた「人間形」若しくは「人間型」のロボット(humanoid robot)など、脚式移動ロボットに関する研究開発が進展し、実用化への期待も高まってきている。

【0006】脚式移動ロボットの用途の1つとして、産業活動・生産活動等における各種の難作業の代行が挙げられる。例えば、原子力発電プラントや火力発電プラント、石油化学プラントにおけるメンテナンス作業、製造工場における部品の搬送・組立作業、高層ビルにおける清掃、火災現場その他における救助といったような危険作業・難作業の代行などである。

【0007】また、脚式移動ロボットの他の用途として、上述の作業支援というよりも、生活密着型、すなわち人間との「共生」という用途が挙げられる。この種のロボットは、ヒトあるいはイヌ(ベット)などの比較的知性の高い脚式歩行動物の動作メカニズムや感情表現をエミュレートする。また、予め入力された動作パターンを単に忠実に実行するだけではなく、相手の言葉や態度(「褒める」とか「叱る」、「叩く」など)に応じた、生き生きとした動作表現を実現することも要求される。

【0008】従来の玩具機械は、ユーザ操作と応答動作との関係が固定的であり、玩具の動作をユーザの好みに合わせて変更することはできない。この結果、ユーザは同じ動作しか繰り返さない玩具をやがては飽きてしまうことになる。

【0009】これに対し、インテリジェントなロボットは、自律的な思考及び動作制御を行うとともに、動作生成の時系列モデルに従って知的な動作を実行する。また、ロボットが画像入力装置や音声入出力装置を装備し、画像処理や音声処理を行うことにより、より高度な知的レベルで人間とのリアリスティックなコミュニケーションを実現することも可能となる。この際、ユーザ操作などの外部からの刺激を検出したことに応答してこの時系列モデルを変更する、すなわち「学習効果」を付与することによって、ユーザにとって飽きない又は好みに適応した動作パターンを提供することができる。また、ユーザは、一種の育成シミュレーションをゲーム感覚で楽しむことができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】産業上の特定用途向けロボットの場合、ユーザ又はオペレータからはほとんど一義的に解釈可能なコマンドを入力して実行すればよい。これは、情報処理機器がファイルのコピーや削除、ファイル・オープンなど一義的なコマンドをコンソール

入力されたことに応答して、その通りに動作することに類似する。

【0011】これに対し、共生型若しくはエンターテインメント型などのインテリジェントなロボットの場合、上述したように、ユーザからの明示的又は限定的なコマンドのみならず、音声や画像などの比較的抽象度の高い入力データに基づいて動作する「対話駆動」を行ったり、さらにはユーザからのコマンドや対話に頼ることなく（すなわちユーザから独立して）ロボット自身が立てた行動計画に従って動作する「自律駆動」を行うことができる。

【0012】しかしながら、抽象的なユーザ入力を解釈したり、ロボット独自の思考制御を許容したり、動作上の自由度や機能が高度化する分、故障やトラブルを引き起こしたときにはその原因究明が一層困難になる。

【0013】一般の機械装置の場合、入力コマンドに対する装置側の応答はほぼ1対1に対応するので、どのコマンドを入力又は実行したときに装置に異常が発生したかを容易に特定することができる。

【0014】これに対し、上述のような「対話駆動」又は「自律駆動」を行うタイプのロボットの場合、ユーザ入力や外部事象に対するロボット上での解釈に幅があるため、異常や故障の原因が何に起因するのか判定が難しくなる。さらに脚式移動ロボットであれば、任意の作業空間を無経路的に歩き回るので、ユーザが常時監視することはできない。したがって、ユーザの監視外に置かれた状況下で、何らかの故障が発生したりトラブルや事故又は事件等に巻き込まれたとしても、ユーザはそのときロボットに何が起こったのかを究明することは極めて難しくなる。

【0015】ロボットの自律駆動機能を活用して、故障の自己診断や故障原因の解除を行うことが期待されるが、現状では、自律型ロボットが自らの機体動作を用いて自己整備を行う事例はない。すなわち、ユーザによる点検・整備作業に委ねる以外に、手立てがない。

【0016】多くの場合、自律型ロボットは複雑な調整を必要とするので、メンテナンスは、ロボットの製作者自身、あるいはロボット工学に関する高度な専門知識を有する作業員に限定される。したがって、一般ユーザを点検・整備作業から解放し、自律型ロボットを今後さらに広範に普及させるためには、自律型ロボットの自己整備機能が不可欠とさえ言える。

【0017】本発明の目的は、音声や画像などの入力に基づくユーザとの対話によって行動計画を立てたり、ユーザ入力に頼らず自律的に行動計画を立てることができる、行動計画型の優れた脚式移動ロボット及びその制御方法を提供することにある。

【0018】本発明の更なる目的は、「対話駆動」又は「自律駆動」を行う期間中に異常や故障が発生したりトラブルに巻き込まれた場合であっても、その原因を究明

して自己整備することができる、優れた脚式移動ロボット及びその制御方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段及び作用】本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、その第1の側面は、複数の関節駆動アクチュエータと1以上の機能ユニットで構成される脚式移動ロボット又はその制御方法であって、前記関節駆動アクチュエータの動作が正常であるか否かを確認する関節動作確認手段又はステップと、前記関節動作確認手段又はステップによって前記関節駆動アクチュエータが正常動作することが確認されたことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を用いて前記機能ユニットの動作が正常であるか否かを確認する機能ユニット動作確認手段又はステップと、を具備することを特徴とする脚式移動ロボット又はその制御方法である。

【0020】ここで、脚式移動ロボットに搭載される機能ユニットには、外部環境に対して音声データの入出力を行う音声入出力部、前記脚式移動ロボットの機体の姿勢を検出する姿勢検出部、外部環境上の所定の対象物までの距離を測定する測距部、外部環境から画像を入力する画像入力部などを挙げることができる。

【0021】また、本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボット又はその制御方法は、前記関節駆動アクチュエータ動作確認手段又はステップ、及び／又は、機能ユニット動作確認手段又はステップが動作エラーを検出したことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を利用してユーザに該エラーを通知するエラー通知手段又はステップをさらに備えていてもよい。

【0022】本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボット又はその制御方法によれば、ロボットに搭載された視覚センサ、マイク、測距センサ、姿勢センサなどの入力と、関節アクチュエータ、スピーカなどの出力を複数組み合わせることで、機体の機能・動作を自律的に確認・診断するとともに、自己診断結果に基づいて改善や調整を行うことができる。

【0023】また、先に確認が済んだ機能ユニットを用いて未確認の機能ユニットの確認を行うことができる。改善不可能な問題点は、確認作業が終了した正常な機能ユニットを介してユーザに通知することができる。例えば、関節駆動アクチュエータの正常動作が確認された後であれば、各関節の駆動による機体上でのジェスチャを介してエラーを通知すればよい。また、音声出力機能の正常動作が確認された後であれば、音声ベースの発話によりエラーを通知するようにしてもよい。

【0024】また、本発明の第2の側面は、複数の関節駆動アクチュエータと音声入出力部とその他の機能ユニットで構成される脚式移動ロボット又はその制御方法であって、前記関節駆動アクチュエータの動作が正常であるか否かを確認する関節動作確認手段又はステップと、

前記関節動作確認手段又はステップによって前記関節駆動アクチュエータが正常動作することが確認されたことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を用いて前記音声入出力部の動作が正常であるか否かを確認する音声入出力動作確認手段又はステップと、前記音声入出力動作確認手段又はステップによって前記音声入出力部が正常動作することが確認されたことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を用いて前記機能ユニットの動作が正常であるか否かを確認する機能ユニット動作確認手段又はステップと、を具備することを特徴とする脚式移動ロボット又はその制御方法である。

【0025】ここで、脚式移動ロボットに搭載される機能ユニットには、前記脚式移動ロボットの機体の姿勢を検出する姿勢検出部、外部環境上の所定の対象物までの距離を測定する測距部、外部環境から画像を入力する画像入力部などを挙げることができる。

【0026】本発明の第2の側面に係る脚式移動ロボット又はその制御方法は、前記関節駆動アクチュエータ動作確認手段又はステップ、及び／又は、音声入出力動作確認手段又はステップが動作エラーを検出したことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動を利用してユーザに該エラーを通知するエラー通知手段又はステップをさらに備えていてもよい。

【0027】また、本発明の第2の側面に係る脚式移動ロボット又はその制御方法は、前記機能ユニット動作確認手段又はステップが前記機能ユニットの動作エラーを検出したことに応答して、前記関節駆動アクチュエータの駆動及び／又は前記音声入出力部による音声出力を利用してユーザに該エラーを通知するエラー通知手段又はステップをさらに備えていてもよい。

【0028】本発明の第2の側面に係る脚式移動ロボット又はその制御方法によれば、ロボットに搭載された視覚センサ、マイク、測距センサ、姿勢センサなどの入力と、関節アクチュエータ、スピーカなどの出力を複数組み合わせることで、機体の機能・動作を自律的に確認・診断するとともに、自己診断結果に基づいて改善や調整を行うことができる。

【0029】また、先に確認が済んだ機能ユニットを用いて未確認の機能ユニットの確認を行うことができる。改善不可能な問題点は、確認作業が終了した正常な機能ユニットを介してユーザに通知することができる。例えば、関節駆動アクチュエータの正常動作が確認された後であれば、各関節の駆動による機体上でのジェスチャを介してエラーを通知すればよい。また、音声出力機能の正常動作が確認された後であれば、音声ベースの発話によりエラーを通知するようにしてもよい。

【0030】本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施例を詳解する。

【0032】図1及び図2には、本発明の実施に供される脚式移動ロボット100が直立している様子を前方及び後方の各々から眺望した様子を示している。この脚式移動ロボット100は、「人間形」又は「人間型」と呼ばれるタイプであり、後述するように、音声や画像などの入力に基づくユーザとの対話によって行動計画を立てたり、ユーザ入力に頼らず（すなわち、ユーザから独立して）ロボット100が自律的に行動計画を立てたりすることができる。図示の通り、脚式移動ロボット100は、脚式移動を行う左右2足の下肢と、体幹部と、左右の上肢と、頭部とで構成される。

【0033】左右各々の下肢は、大腿部と、膝関節と、腰部と、足首と、足平とで構成され、股関節によって体幹部の略最下端にて連結されている。また、左右各々の上肢は、上腕と、肘関節と、前腕とで構成され、肩関節によって体幹部上方の左右各側縁にて連結されている。また、頭部は、首関節によって体幹部の略最上端中央に連結されている。

【0034】体幹部ユニット内には、図1及び図2上では見えていない制御部が配備されている。この制御部は、脚式移動ロボット100を構成する各関節アクチュエータの駆動制御や各センサ（後述）などからの外部入力を処理するコントローラ（主制御部）や、電源回路その他の周辺機器類を搭載した筐体である。制御部は、その他、遠隔操作用の通信インターフェースや通信装置を含んでいてもよい。

【0035】図3には、本実施例に係る脚式移動ロボット100が具備する関節自由度構成を模式的に示している。図示の通り、脚式移動ロボット100は、2本の腕部と頭部1を含む上体と、移動動作を実現する2本の脚部からなる下肢と、上肢と下肢とを連結する体幹部とで構成される。

【0036】頭部1を支持する首関節は、首関節ヨー軸2と、首関節ピッチ軸3と、首関節ロール軸4という3自由度を有している。

【0037】また、各腕部は、肩関節ピッチ軸8と、肩関節ロール軸9と、上腕ヨー軸10と、肘関節ピッチ軸11と、前腕ヨー軸12と、手首関節ピッチ軸13と、手首関節ロール軸14と、手部15とで構成される。手部15は、実際には、複数本の指を含む多関節・多自由度構造体である。但し、手部15の動作自体は、ロボット100の姿勢安定制御や歩行動作制御に対する寄与や影響が少ないので、本明細書ではゼロ自由度と仮定する。したがって、左右の各腕部は7自由度を有するとする。

【0038】また、体幹部は、体幹ピッチ軸5と、体幹ロール軸6と、体幹ヨー軸7という3自由度を有する。

【0039】また、下肢を構成する左右各々の脚部は、

股関節ヨー軸16と、股関節ピッチ軸17と、股関節ロール軸18と、膝関節ピッチ軸19と、足首関節ピッチ軸20と、関節ロール軸21と、足部(足底又は足平)22とで構成される。人体の足部(足底)22は、実際には多関節・多自由度の足底を含んだ構造体であるが、本実施例に係る脚式移動ロボット100の足底はゼロ自由度とする。したがって、左右の各脚部は6自由度で構成される。

【0040】以上を総括すれば、本実施例に係る脚式移動ロボット100全体としては、合計で $3+7\times 2+3+6\times 2=32$ 自由度を有することになる。但し、脚式移動ロボット100が必ずしも32自由度に限定される訳ではない。設計・製作上の制約条件や要求仕様等に応じて、自由度すなわち関節数を適宜増減することができることは言うまでもない。

【0041】脚式移動ロボット100が持つ上述の各関節自由度は、実際にはアクチュエータによる能動的な動作として実現される。装置の外観上で余分な膨らみを排してヒトの自然体形状に近似させることや、2足歩行という不安定構造体に対して姿勢制御を行うことなどの種々の要請から、関節アクチュエータは小型且つ軽量であることが好ましい。本実施例では、ギア直結型で且つサーボ制御系をワンチップ化してモータ・ユニットに内蔵したタイプの小型ACサーボ・アクチュエータを搭載することとした。なお、脚式ロボットに適用可能な小型ACサーボ・アクチュエータに関しては、例えば本出願人に既に譲渡されている特願平11-33386号明細書に開示されている。

【0042】図4には、本実施例に係る脚式移動ロボット100の制御システム構成を模式的に示している。同図に示すように、該システムは、ユーザ入力などに動的に反応して情緒判断や感情表現を司る思考制御モジュール200と、関節アクチュエータの駆動などロボットの全身協調運動を制御する運動制御モジュール300とで構成される。

【0043】思考制御モジュール200は、情緒判断や感情表現に関する演算処理を実行するCPU(Central Processing Unit)211や、RAM(Random Access Memory)212、ROM(Read Only Memory)213、及び、外部記憶装置(ハード・ディスク・ドライブなど)214で構成される、自己完結処理を行うことができる独立した情報処理装置である。

【0044】思考制御モジュール200には、CCD(Charge Coupled Device)カメラなどの画像入力装置251や、マイクなどの音声入力装置252、スピーカなどの音声出力装置253、LAN(Local Area Network: 図示しない)などを經由してロボット100外のシステムとデータ交換を行う通信インターフェース254など各種の装置が、バス・インターフェース201經由で接続されている。

【0045】思考制御モジュール200では、画像入力装置251から入力される視覚データや音声入力装置252から入力される聴覚データなど、外界からの刺激などに従って、脚式移動ロボット100の現在の感情や意思を決定する。さらに、意思決定に基づいた動作(アクション)又は行動シーケンス(ビヘイビア)、すなわち四肢の運動を実行するように、運動制御モジュール300に対して指令を発行する。

【0046】一方の運動制御モジュール300は、ロボット100の全身協調運動を制御するCPU(Central Processing Unit)311や、RAM(Random Access Memory)312、ROM(Read Only Memory)313、及び、外部記憶装置(ハード・ディスク・ドライブなど)314で構成される、自己完結処理を行うことができる独立した情報処理装置である。外部記憶装置314には、例えば、オフラインで算出された歩行パターンやZMP目標軌道、その他の行動計画を蓄積することができる(「ZMP」とは、歩行中の床反力によるモーメントがゼロとなる床面上の点のことであり、また、「ZMP軌道」とは、例えばロボット100の歩行動作期間中などにZMPが動く軌跡を意味する)。

【0047】運動制御モジュール300には、ロボット100の全身に分散するそれぞれの関節自由度を実現する関節アクチュエータ(図3を参照のこと)、体幹部の姿勢や傾斜を計測する姿勢センサ351、左右の足底の離床又は着床を検出する接地確認センサ352及び353、バッテリーなどの電源を管理する電源制御装置などの各種の装置が、バス・インターフェース301經由で接続されている。

【0048】運動制御モジュール300では、思考制御モジュール200から指示された行動を体現すべく、各関節アクチュエータによる全身協調運動を制御する。すなわち、CPU311は、思考制御モジュール200から指示された行動に応じた動作パターンを外部記憶装置314から取り出し、又は、内部的に動作パターンを生成する。そして、CPU311は、指定された動作パターンに従って、足部運動、ZMP(Zero Moment Point)軌道、体幹運動、上肢運動、腰部水平位置及び高さなどを設定するとともに、これらの設定内容に従った動作を指示する指令値を各関節アクチュエータに転送する。

【0049】また、CPU311は、姿勢センサ351の出力信号によりロボット100の体幹部分の姿勢や傾きを検出するとともに、各接地確認センサ352及び353の出力信号により各可動脚が遊脚又は立脚のいずれの状態であるかを検出することによって、脚式移動ロボット100の全身協調運動を適応的に制御することができる。

【0050】さらに、運動制御モジュール300は、思考制御モジュール200において決定された意思通りの

行動がどの程度体现されたか、すなわち処理の状況を、思考制御モジュール200に返すようになっている。

【0051】思考制御モジュール200と運動制御モジュール300は、共通のプラットフォーム上で構築され、両者間はバス・インターフェース201及び301を介して相互接続されている。

【0052】図5には、自律型のロボット100による自己診断・自己整備機能を実現するための制御ソフトウェア構成を模式的に図解している。同図に示すロボット100は、音声や画像などの入力に基づいて外的要因を判断し、ユーザとの対話に追従して行動計画を立てる「対話駆動」方式の機体オペレーションを行うことができる。

【0053】ロボット100は、ユーザからのコマンド入力あるいは外部環境の変化を入力する入力部として、測距センサ51と、音声入力部52と、画像入力部53と、姿勢センサ54とを備えている。

【0054】測距センサ51は、ロボット100の機体と所定の対象物（例えば、ボールのような追跡オブジェクトや壁やその他の障害物など）との距離を測定するデバイスである。測距センサ51が出力する検出信号は距離変換部55に入力されて、距離データに変換される。

【0055】音声入力部52は、例えば、マイクロホンなどで構成され、ロボット100の頭部に搭載されている。音声入力信号は音声・音程認識処理部56に入力される。音声・音程認識処理部56では、ユーザの入力音声テキストとして認識され、さらに言語処理が施される。

【0056】画像入力部53は、例えば、CCD (Charge Coupled Device) などの撮像装置で構成され、ロボット100の頭部に搭載されている。画像入力信号は色調整処理部57に入力され、色調整などの処理が施される。

【0057】姿勢センサ54は、例えば、加速度センサとジャイロ・センサの組み合わせによって構成され、ロボット100の胴体部に搭載されて、そのセンサ信号は姿勢情報変換処理部58に入力されて、ロボット100の姿勢情報に変換される。

【0058】自己確認調整処理部60は、距離変換部55、音声・音程認識処理部56、色調整処理部57、姿勢情報返還処理部58の各々において加工・処理が行われたセンサ情報を基に、ロボット100の機体上の各センサやデバイスに異常や故障が生じていないかどうかを自己確認し、さらに可能であれば機体上に備わった機能を利用して自己調整処理を行う。

【0059】自己確認基準データベース61は、距離変換部55、音声・音程認識処理部56、色調整処理部57、姿勢情報返還処理部58の各々から得られるセンサ情報に関する自己確認の基準となる基準データ値を保管している。また、自己確認手順データベース62は、各

センサやデバイスを自己確認するための処理手順を保管している。自己確認調整処理部60は、自己確認基準データベース61並びに自己確認手順データベース62を参照することで、ロボット100の機体上の各センサやデバイスに異常や故障が生じていないかどうかを自己確認処理することができる。

【0060】動作データベース63は、ロボット100が機体上で再生することができる動作に関するデータ、すなわちアクション・データを保管するデータベースである。アクション・データは、各関節アクチュエータなど可動部の駆動を規定するモーション・データと、モーションと同期して出力する音声情報を規定するサウンド・データなどの組み合わせで構成される。

【0061】動作データベースに格納される動作には、ロボット100が当然備えておくべき基本動作（例えば、「右手を挙げる」、「左手を挙げる」などの区分不能な最小且つ基本的な動作単位）と、1以上の基本動作を時系列的に（さらには条件分岐を含んだ形式で）組み合わせられた複合的な動作（行動シーケンス又はビヘイビア）がある。

【0062】発話データベース66は、ユーザとの間で音声ベースの会話を行うための発話データを蓄積している。

【0063】行動・姿勢・音声出力管理部64は、自己確認調整処理部60による処理結果に基づいて、ロボット100の機体上で発現すべき行動、姿勢、音声出力を統括的に管理する機能モジュールである。より具体的には、発現すべき行動、姿勢、音声出力を決定し、該当する動作データを動作データベース63から取り出すとともに、該当する発話データを発話データベース66から取り出して、これらを実機動作処理部65に転送する。実機動作処理部65は、投入された動作データに従って、ロボット100の機体を駆動する。

【0064】本実施例では、自己確認調整処理部60の制御動作により、ロボットに搭載された視覚センサ、マイク、測距センサ、姿勢センサなどの入力と、関節アクチュエータ、スピーカなどの出力を複数組み合わせることで、機体の機能・動作を自律的に確認・診断するとともに、自己診断結果に基づいて改善や調整を自律的に行うことができる。

【0065】図6には、自己確認調整処理部60にて実行される自己確認処理の手順をフローチャートの形式で示している。以下、このフローチャートに従って、ロボット100による自己確認処理について説明する。

【0066】(1) 関節駆動アクチュエータの確認：まず、関節駆動アクチュエータの確認を行う。この確認処理は、基本的には各関節駆動アクチュエータ単体毎の動作チェックでよい。関節駆動アクチュエータの確認を最初に行うことで、以後の確認作業において関節駆動アクチュエータの駆動を伴う自律的な作業が可能となる。

【0067】(2) 音声入出力の確認：既に関節駆動アクチュエータの確認が終了し、動作が可能となっているので、関節の駆動を用いてマイクなどの音声入力の確認を行う。音声入力機能に問題が発生した場合は、ロボット100は関節駆動アクチュエータの動作（例えば身振りや手振りなどの生成）によって、ユーザに通知することができる。次いで、スピーカなどの音声出力部から、あらかじめ決められた周波数帯域の音を出力して、動作確認済みのマイクを介して集音することで、音声出力の確認を行う。音声出力機能に問題が発生した場合も、ロボット100は関節駆動アクチュエータの動作（例えば身振りや手振りなどの生成）によって、ユーザに通知することができる。

【0068】(3) 姿勢センサの確認：次いで、姿勢センサの確認を行う。姿勢センサは、加速度センサとジャイロ・センサの組み合わせによって構成されており、機体の胴体部分（例えば腰部）に搭載されている。加速度センサ及びジャイロ・センサの確認方法は、いずれもロボット100の腰部を動かすことで、加速度や各速度を発生させて、これら各センサから得られた連続出力値と予定された値の差を求め、所定の閾値との比較により、「OK」、「NG」、又は、「要調整」と判断する。NGと判断された場合には、既に動作確認された音声出力を用いてユーザに問題点を通知する。また、要調整と判断された場合には、基準値となる連続値と、差分の平均が最も小さくなるように、入力値に対するオフセット値を求めて、以後の処理に用いるようにする。

【0069】(4) 測距センサの確認：測距センサは、例えばロボット100の頭部に搭載されており、頭部前面のシールドを介して距離を測定する構造となっている。測距センサの確認は、ロボット100の身体上の各部位のサイズが既知であることを利用して、足元の床面、手で触れた壁間での距離を基準にして、測定結果と実寸との比較により行うことができる。確認により得られた結果に応じて、OK、NG、要調整のいずれかの状態に分岐する。例えば、NGが1回～N回（例えば、N=3回）までは、修正処理に分岐し、頭部前面に異物が付着している場合の改善動作を行う。また、NGがN+1回目以降は、既に動作確認済みの音声出力部を用いて、ユーザに問題点を通知するようにする。要調整と判定された場合には、基準値となる連続値と、差分の平均が最も小さくなるように、入力値に対するオフセット値を求めて、以後の処理に用いるようにする。

【0070】(5) 画像センサの確認：画像入力部は、例えば、ロボット100の頭部に搭載されており、頭部前面シールドを介して、色画像を取得するようになっている。画像入力の確認を行うために、例えば、ロボット100の手など特定の部位にランドマークを搭載するようにしてもよい。このランドマークは、既知の色又は既知の発光色、既知の大きさ、既知の形状を持つことを前

提とし、LEDなど自ら発光可能なデバイス、あるいは、塗装やステッカーなどで構成することができる。ロボットは、このランドマークの画像を捕捉して、OK、NG、要調整に結果を分類する。NGについては、測距センサの場合と同様に、1回～N回までは修正を試み、N+1回以降は既に動作確認済みの音声出力部を用いて、ユーザに通知する。また、要調整の場合には、ランドマークの色を正しく認識できるように、色信号の補正パラメータの調整を行う。

10 【0071】図7には、自己確認時のロボット100の動作を状態遷移図の形式で表している。

【0072】ロボット100の機体に駆動電源を投入すると（起動前）、これにตอบสนองして、機体の初期化処理を開始する（初期化前）。この初期化処理の中には、ロボット100の各機能に関する正常動作の確認処理が含まれる。

【0073】まず、各関節駆動アクチュエータの確認を行う。確認処理の結果、関節駆動アクチュエータの少なくとも一部がNGとなった場合には、既に正常動作が確認されている関節駆動アクチュエータによる動作すなわち所定の行動シーケンスを用いてユーザにエラーを通知する。そして、エラー改善待ち状態に遷移し、保守点検作業などによりエラーが改善されると再度初期化処理を行ってから、上述と同様の状態遷移を行う。

【0074】また、関節駆動アクチュエータの確認結果がOKであった場合には、次いで、音声入出力確認に遷移する。音声入出力確認は、既に正常動作が確認されている関節駆動アクチュエータの動作すなわち所定の行動シーケンスを利用して行われるが、その詳細については後述に譲る。

【0075】確認処理の結果、音声入出力部の少なくとも一部がNGとなった場合には、既に正常動作が確認されている関節駆動アクチュエータの動作すなわち所定の行動シーケンスを用いてユーザにエラーを通知する。そして、エラー改善待ち状態に遷移し、保守点検作業などによりエラーが改善されると再度初期化処理を行ってから、上述と同様の状態遷移を行う。

【0076】また、音声入出力部の確認結果がOKであった場合には、次いで、姿勢センサ確認に遷移する。姿勢センサ確認は、既に正常動作が確認されている関節駆動アクチュエータの動作すなわち所定の行動シーケンスを利用して行われるが、その詳細については後述に譲る。

【0077】確認処理の結果、姿勢センサの少なくとも一部がNGと判定された場合には、既に正常動作が確認されている音声入出力部の音声出力機能を用いてユーザにエラーを通知する。そして、エラー改善待ち状態に遷移し、保守点検作業などによりエラーが改善されると再度初期化処理を行ってから、上述と同様の状態遷移を行う。

【0078】姿勢センサの確認処理の結果、姿勢センサがOKと判定された場合には、次いで、測距センサ確認に遷移する。また、要調整と判定された場合には、ロボット100が自律的にセンサ交換式調整を行ってから、測距センサ確認に遷移する。

【0079】測距センサ確認は、既に正常動作が確認されている関節駆動アクチュエータの動作すなわち所定の行動シーケンスを利用して行われるが、その詳細については後述に譲る。

【0080】測距センサの確認処理の結果、測距センサの少なくとも一部がNGとなった場合には、既に正常動作が確認されている関節駆動アクチュエータを用いて、測距センサに付着した異物の除去動作を実行して、再度測距センサ確認を試行する。測距センサの再確認は、例えば所定回数(N回)まで行う。

【0081】また、測距センサの確認処理の結果、測距センサがOKと判定された場合には、次いで、画像センサ確認に遷移する。また、要調整と判定された場合には、ロボット100が自律的にセンサ交換式調整を行ってから、画像センサ確認に遷移する。

【0082】画像センサ確認は、既に正常動作が確認されている関節駆動アクチュエータの動作すなわち所定の行動シーケンスを利用して行われるが、その詳細については後述に譲る。

【0083】画像センサの確認処理の結果、画像センサの少なくとも一部がNGとなった場合には、既に正常動作が確認されている関節駆動アクチュエータを用いて、画像センサに付着した異物の除去動作を実行して、再度画像センサ確認を試行する。画像センサの再確認は、例えば所定回数(N回)まで行う。

【0084】また、画像センサの確認処理の結果、姿勢センサがOKと判定された場合には、次いで、既に正常動作が確認されている音声入出力部の音声出力機能を用いて、ユーザに対して音声による確認完了通知を行い、機体の初期化処理を完了する。この結果、ロボット100は、感情モデル、本能モデル、学習モデル、行動モデルなどを用いて自律的な行動を実行可能な状態(行動中)となる。

【0085】また、要調整と判定された場合には、ロボット100が自律的に画像パラメータ調整を行ってから、ユーザに対して音声による確認完了通知を行い、機体の初期化処理を完了する。

【0086】音声入出力の動作確認:図8には、音声入出力の動作確認方法について図解している。

【0087】まず、確認作業の第1段階として、音声入力部の確認を行う。例えば、マイクなどの音声入力部の近傍で、左右の両方又は一方の腕部を用いて接触音又は打撃音を発生させて、マイクが集音可能であるか否かを確認する。

【0088】マイクによる集音が良好でない、すなわち

確認結果がNGの場合には、ロボット100は、例えば、腕部でマイクを指し示しながら首を振るなどのジェスチャを実行して、ユーザに対してマイクに問題があることを通知する。

【0089】他方、マイクによる集音が良好、すなわち確認結果がOKである場合には、確認作業の第2段階として、音声出力部の確認を行う。例えば、スピーカなどの音声出力部から既知の周波数帯域の音を出力して、既に正常動作が確認されているマイクで集音し、スピーカが正常に機能しているか否かを確認する。

【0090】マイクによる集音が良好でない、すなわちスピーカによる発音が良好でなく確認結果がNGの場合には、ロボット100は、例えば、腕部でスピーカを指し示しながら首を振るなどのジェスチャを実行して、ユーザに対してスピーカに問題があることを通知する。

【0091】本実施例では、ロボット100自身には、音声入出力部の問題を解決するための手段が搭載されていない。このため、トラブル発生時には、ユーザに対して異常・問題の発生場所を通知して、解決を委ねるようにしている。

【0092】姿勢センサの動作確認:図9には、姿勢センサを構成する加速度センサの動作確認方法について図解している。

【0093】まず、確認作業の第1段階として、脚部の動作を利用して、接地している床面と腰部の距離を変化させながら、腰部に搭載された加速度センサが出力する連続データを確認する。

【0094】また、確認作業の第2段階として、既知の加減速曲線に従って腰部を前後に移動させながら、腰部に搭載された加速度センサが出力する連続データを確認する。

【0095】また、確認作業の第3段階として、既知の加減速曲線に従って腰部を左右に移動させながら、腰部に搭載された加速度センサが出力する連続データを確認する。

【0096】これら一連の確認作業において検出された加速度センサ値と機体に印加された加速度値との差分が、環境の変化などで予想し得る範囲すなわち調整可能範囲内の値の相違であれば、基準となるセンサ入力連続値と差分の平均が小さくなるように、データのオフセット値を求め、以後調整を行うようにする。

【0097】他方、センサ入力値と期待値との相違が調整可能範囲を逸脱する場合には、確認結果をNGとし、加速度センサにおける異常・問題を、スピーカを介して音声ベースのユーザ通知を行う。例えば、加速度センサに異常がある旨のメッセージ・データを発話データベース66から取り出して、スピーカを介して音声出力する。この結果、ユーザはエラー内容を的確に判断して、迅速に対応することができる。

【0098】図10には、姿勢センサを構成するジャイ

ロ・センサの動作確認方法について図解している。

【0099】まず、確認作業の第1段階として、片足で立った状態で、腰部を接地した軸足中心に、既知の加減速曲線に従って回転させながら、腰部に搭載されたジャイロ・センサが出力する連続データを確認する。

【0100】また、確認作業の第2段階として、既知の加減速曲線に従って、腰部を前後に回転させながら、腰部に搭載されたジャイロ・センサが出力する連続データを確認する。

【0101】また、確認作業の第3段階として、既知の加減速曲線に従って腰部を左右に回転させながら、腰部に搭載されたジャイロ・センサが出力する連続データを確認する。

【0102】これら一連の確認作業において検出された角速度センサ値と機体に印加された角速度値との差分が、環境の変化などで予想し得る範囲すなわち調整可能範囲内の値の相違であれば、「要調整」と判定する。この場合、基準となるセンサ入力連続値と差分の平均が小さくなるように、データのオフセット値を求め、以後調整を行うようにする。

【0103】他方、センサ入力値と期待値との相違が調整可能範囲を逸脱する場合には、確認結果をNGとし、角速度センサにおける異常・問題を、スピーカを介した音声ベースのユーザ通知を行う。例えば、角速度センサに異常がある旨のメッセージ・データを発話データベース66から取り出して、スピーカを介して音声出力する。この結果、ユーザはエラー内容を的確に判断して、迅速に対応することができる。

【0104】音声出力部の正常動作が確認された以後は、音声ベースでのエラー通知を積極的に採用することで、ユーザ・フィードバックを確実にしめることができる。

【0105】測距センサの動作確認：図11及び図12には、測距センサの動作確認方法について図解している。

【0106】まず、確認作業の第1段階として、ロボット100の機体における各部位のサイズが既知であることを利用し、距離が既知となる場所の検出を行う。

【0107】例えば、接地している床面との距離で、頭部に搭載した測距センサ出力を確認する。あるいは、腕を伸ばしたときに、腕の先端部が接する壁面との距離を利用して、頭部に搭載した測距センサの出力を確認する。

【0108】次いで、確認作業の第2段階として、さらに各関節駆動アクチュエータが正常動作可能であることを利用して、距離測定中の対象物までの距離を変化させてみる。

【0109】例えば、両脚の屈伸などの動作を利用して、接地している床面との距離を変化させながら、頭部に搭載した測距センサ出力を確認する。あるいは、壁面

に着いた腕部を曲げ伸ばし動作することで腕の先端部が接する壁面との距離を変化させながら、頭部に搭載した測距センサ出力を確認する。

【0110】これら一連の確認作業において検出された距離データと、機体の各部位のサイズや各関節駆動により期待される距離データとの差分が、環境の変化などで予想し得る範囲すなわち調整可能範囲内の値の相違であれば、「要調整」と判定する。この場合、基準となるセンサ入力連続値と差分の平均が小さくなるように、データのオフセット値を求め、以後調整を行うようにする。

【0111】他方、センサ入力値と期待値との相違が調整可能範囲を逸脱する場合には、確認結果をNGとする。この場合、まず、測距センサに付着した異物の除去を試みる。異物除去の方法としては、例えば、腕部にブラシ（図示しない）を搭載して、これを用いてセンサ・レンズ前のシールド・カバー部のごみを振り払ったり、あるいは、首を回転させながらごみを振り払うことなどが挙げられる。

【0112】1回の異物除去作業を完了する度に、再度測距センサの確認を行う。異物除去作業は、NGが続く限り、所定回（N回）だけ繰り返し試行する。

【0113】N回の異物除去作業を行っても、NGを回避できない場合には、測距センサにおける異常・問題を、スピーカを介した音声ベースのユーザ通知を行う。より具体的には、「カメラ前のシールド・カバー部が汚れています」とか、「測距センサが異常です」などの発話データを発話データベース66から取り出して、スピーカを介して音声出力する。この結果、ユーザはエラー内容を的確に判断して、迅速に対応することができる。

【0114】音声出力部の正常動作が確認された以後は、音声ベースでのエラー通知を積極的に採用することで、ユーザ・フィードバックを確実にしめることができる。

【0115】画像入力部の動作確認：図13には、画像入力部の動作確認方法について図解している。

【0116】CCDカメラなどの画像入力部の確認は、例えば、ロボット100の機体上の所定の部位に搭載されたランドマークを捕捉並びに画像処理することを通して行うことができる。

【0117】ここで用いるランドマークは、以下の条件を備えていることが好ましい。すなわち、

(1) 既知の色であること、又は、既知の色を発光すること。

(2) 既知の大きさを持つこと。

(3) 既知の形状を持つこと。

【0118】画像入力部の動作を確認する1つの形態として、機体の特定部位にランドマーク表示機能を搭載して、頭部に搭載された画像入力部を確認することである。

【0119】例えば、腕部に搭載された特定色を発光するLEDを点灯させるとともに、頭部に搭載された画像入力部でこれを撮影して、その画像処理結果を期待される値と比較する。

【0120】また、画像入力部の動作を確認する他の形態として、機体の特定部位に静的なランドマークを搭載して、頭部に搭載された画像入力部を確認することである。

【0121】例えば、塗装や貼付などにより腕部に配設されたランドマークを、頭部に搭載された画像入力部で撮影して、その画像処理結果を期待される値と比較する。

【0122】このような確認作業において入力された撮像画像とランドマークが本来持つ特性（色、サイズ、形状など）とを比較して、その差が、環境の変化などで予想し得る範囲すなわち調整可能範囲内での値の相違であれば、「要調整」と判定して、色信号を補正する。

【0123】他方、撮像画像とランドマークの特性値との差が調整可能範囲を逸脱する場合には、確認結果をNGとする。この場合、まず、画像入力部に付着した異物の除去を試みる。異物除去の方法としては、例えば、腕部にブラシ（図示しない）を搭載して、これを用いてセンサ・レンズ前のシールド・カバー部のごみを振り払ったり、あるいは、首を回転させながらごみを振り払うことなどが挙げられる。

【0124】1回の異物除去作業を完了する度に、再度画像入力部の確認を行う。異物除去作業は、NGが続く限り、所定回（N回）だけ繰り返し試行する。

【0125】N回の異物除去作業を行っても、NGを回避できない場合には、画像入力部における異常・問題を、スピーカを介した音声ベースのユーザ通知を行う。例えば、画像入力部に異常がある旨のメッセージ・データを発話データベース66から取り出して、スピーカを介して音声出力する。この結果、ユーザはエラー内容を的確に判断して、迅速に対応することができる。

【0126】音声出力部の正常動作が確認された以後は、音声ベースでのエラー通知を積極的に採用することで、ユーザ・フィードバックを確実ならしめることができる。

【0127】〔追捕〕以上、特定の実施例を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。

【0128】本発明の要旨は、必ずしも「ロボット」と称される製品には限定されない。すなわち、電氣的若しくは磁氣的な作用を用いて人間の動作に似せた運動を行う機械装置であるならば、例えば玩具等のような他の産業分野に属する製品であっても、同様に本発明を適用することができる。

【0129】要するに、例示という形態で本発明を開示

してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参照すべきである。

【0130】

【発明の効果】以上詳記したように、本発明によれば、音声や画像などの入力に基づくユーザとの対話によって行動計画を立てたり、ユーザ入力に頼らず自律的に行動計画を立てることができる、行動計画型の優れた脚式移動ロボット及びその制御方法を提供することができる。

【0131】また、本発明によれば、「対話駆動」又は「自律駆動」を行う期間中に異常や故障を発生したりトラブルに巻き込まれた場合であっても、その原因を究明して自己整備することができる、優れた脚式移動ロボット及びその制御方法を提供することができる。

【0132】本発明に係る自律型のロボットは、機体の管理に専門的な技術的知識を要しないので、より広範囲なユーザ層に受け容れられることが可能である。また、ロボットによる自律的なメンテナンス作業により、常に安定したセンサ入力を得ることができるので、動作を安定に保つことができる。また、機体上で故障が発生した場合であっても、自律的な自己診断作業により早急に原因部位を特定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施に供される脚式移動ロボット100を前方から眺望した様子を示した図である。

【図2】本発明の実施に供される脚式移動ロボット100を後方から眺望した様子を示した図である。

【図3】本実施例に係る脚式移動ロボット100が具備する自由度構成モデルを模式的に示した図である。

【図4】本実施例に係る脚式移動ロボット100の制御システム構成を模式的に示した図である。

【図5】自律型のロボット100による自己診断・自己整備機能を実現するための制御ソフトウェア構成を模式的に示した図である。

【図6】自己確認調整処理部60にて実行される自己確認処理の手順を示したフローチャートである。

【図7】自己確認時のロボット100の動作を示した状態遷移図である。

【図8】音声入出力の動作確認方法を示した図である。

【図9】姿勢センサを構成する加速度センサの動作確認方法を示した図である。

【図10】姿勢センサを構成するジャイロ・センサの動作確認方法を示した図である。

【図11】測距センサの動作確認方法を示した図である。

【図12】測距センサの動作確認方法を示した図である。

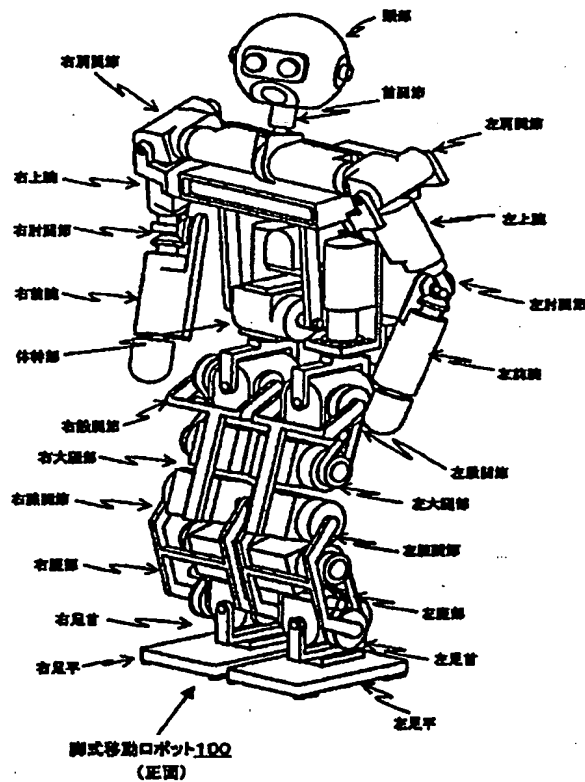
【図13】画像入力部の動作確認に方法を示した図である。

【符号の説明】

21

- 1…頭部, 2…首関節ヨー軸
 3…首関節ピッチ軸, 4…首関節ロール軸
 5…体幹ピッチ軸, 6…体幹ロール軸
 7…体幹ヨー軸, 8…肩関節ピッチ軸
 9…肩関節ロール軸, 10…上腕ヨー軸
 11…肘関節ピッチ軸, 12…前腕ヨー軸
 13…手首関節ピッチ軸, 14…手首関節ロール軸
 15…手部, 16…股関節ヨー軸
 17…股関節ピッチ軸, 18…股関節ロール軸
 19…膝関節ピッチ軸, 20…足首関節ピッチ軸
 21…足首関節ロール軸, 22…足部(足底)
 100…脚式移動ロボット
 200…思考制御モジュール

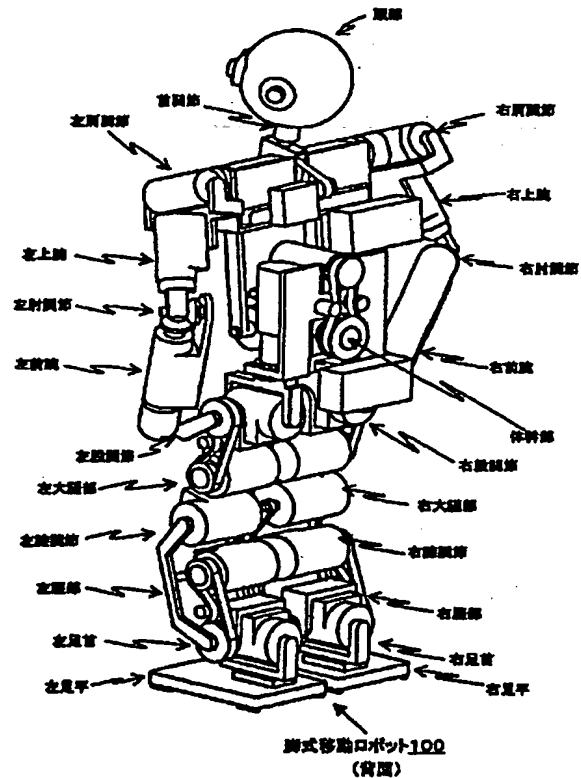
【図1】



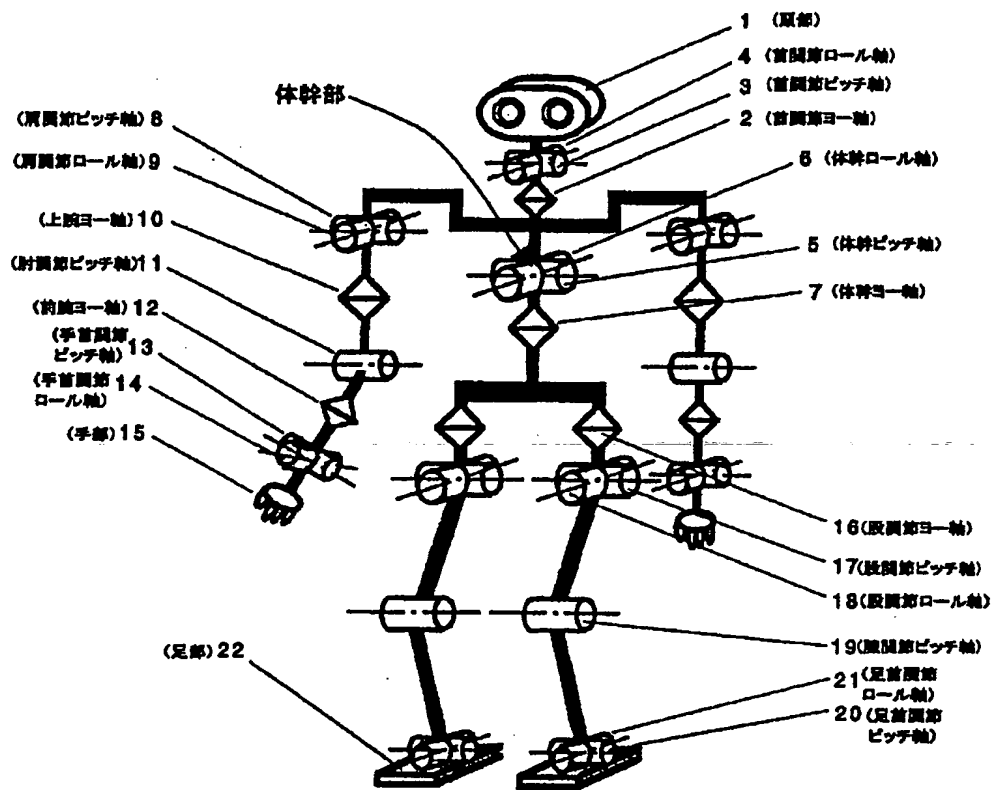
22

- * 201…バス・インターフェース
 211…CPU, 212…RAM, 213…ROM
 214…外部記憶装置
 251…画像入力装置(CCDカメラ)
 252…音声入力装置(マイク)
 253…音声出力装置(スピーカ)
 254…通信インターフェース
 300…運動制御モジュール
 301…バス・インターフェース
 10 311…CPU, 312…RAM, 313…ROM
 314…外部記憶装置, 351…姿勢センサ
 352, 353…接地確認センサ
 * 354…電源制御装置

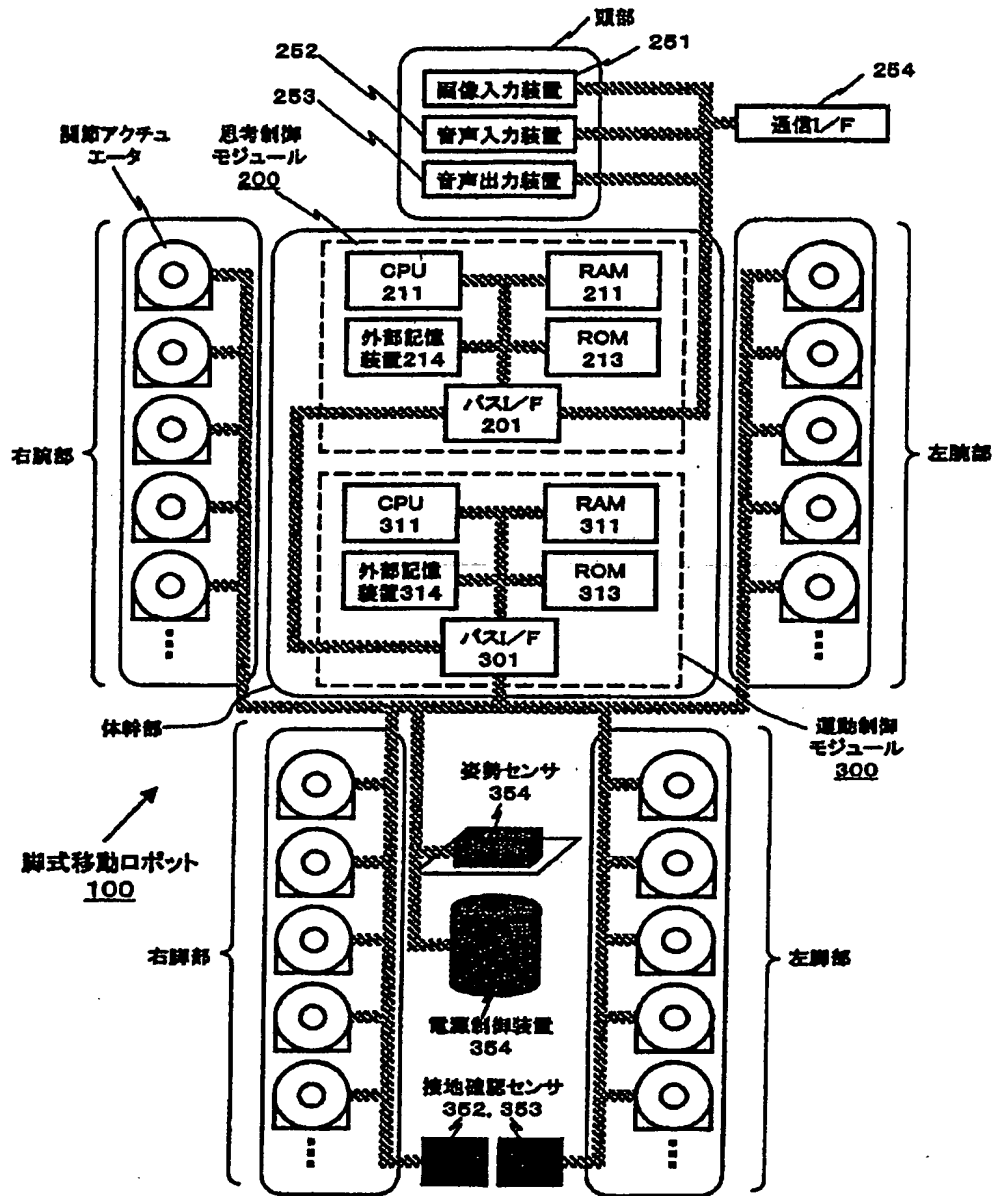
【図2】



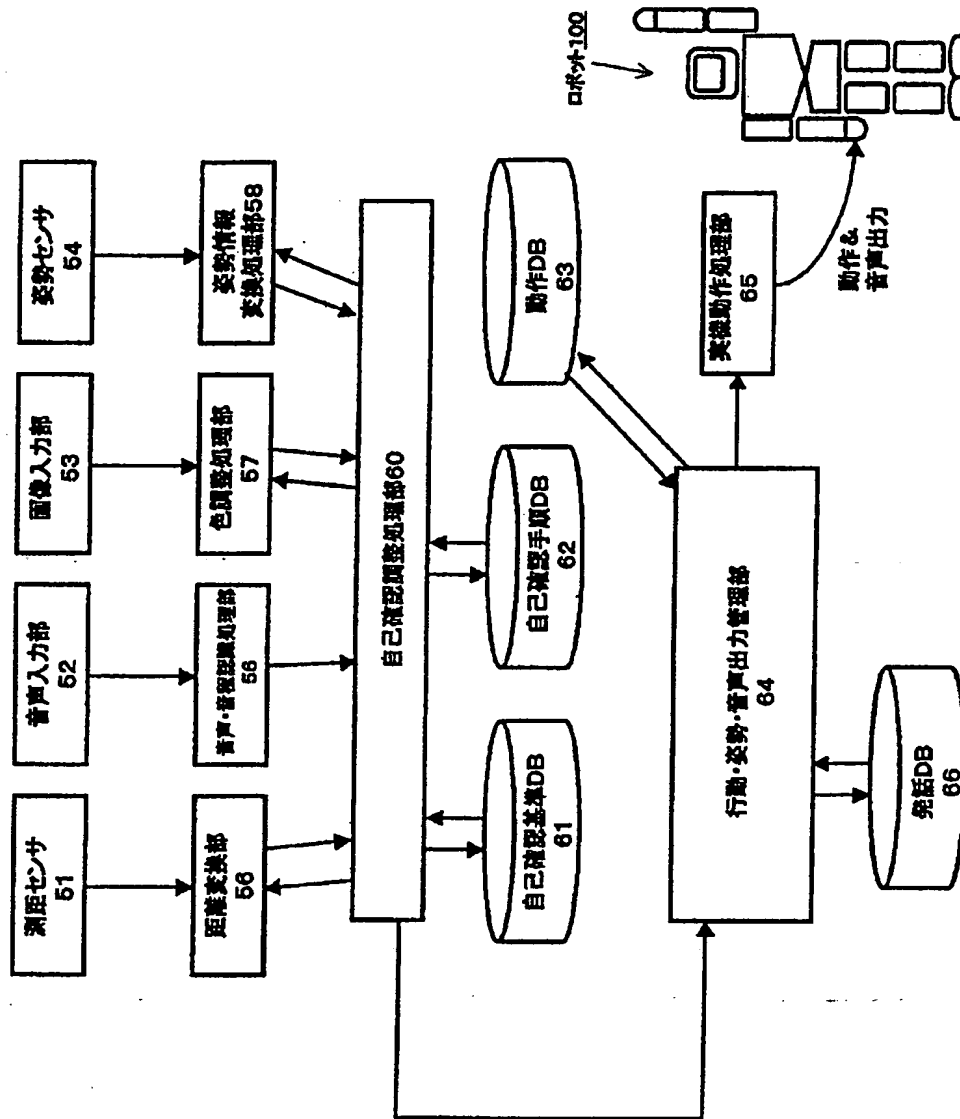
【図3】



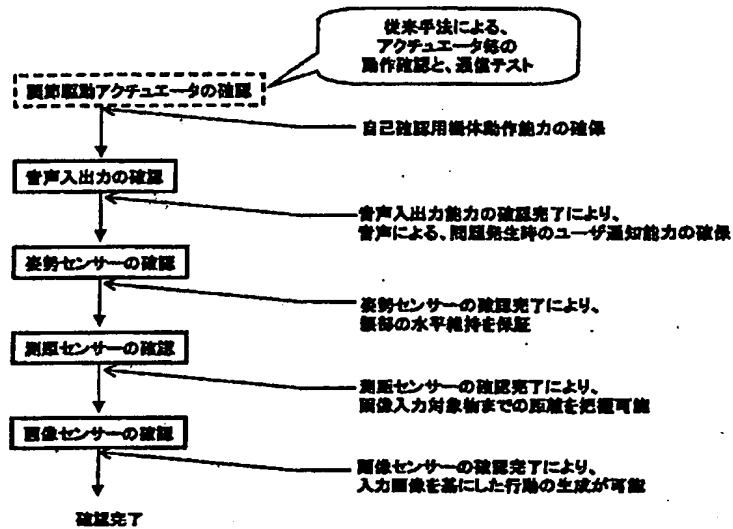
【図4】



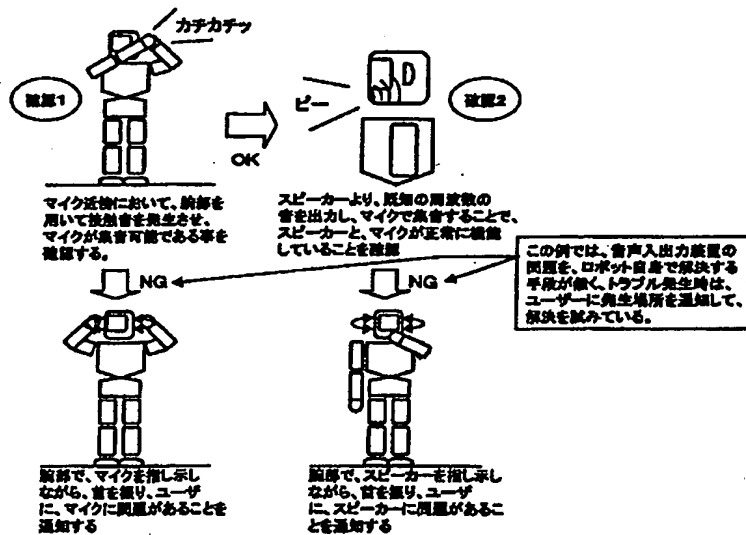
【図5】



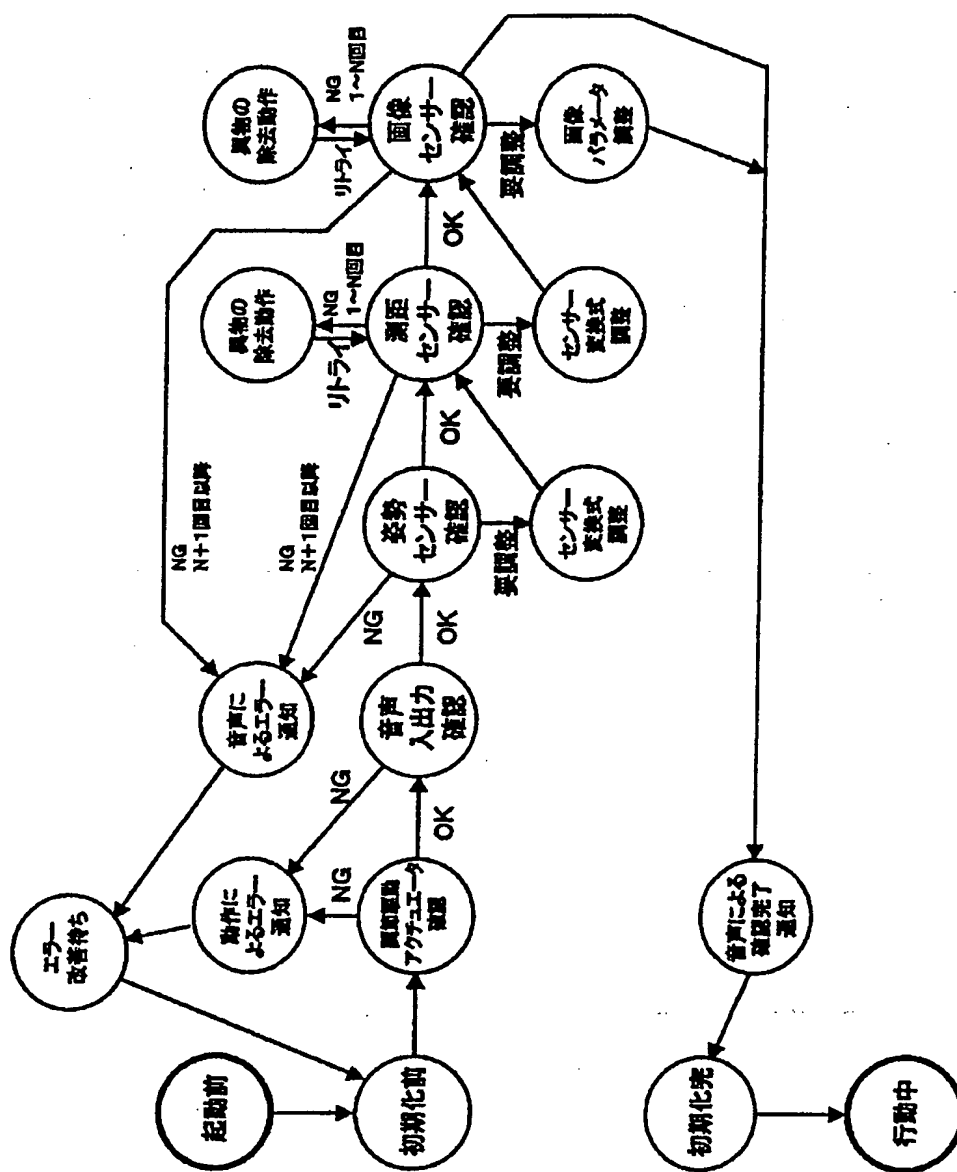
【図6】



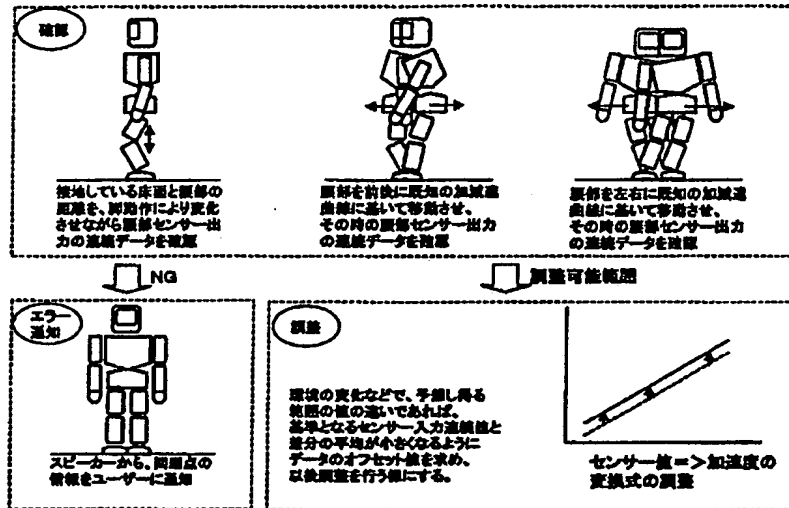
【図8】



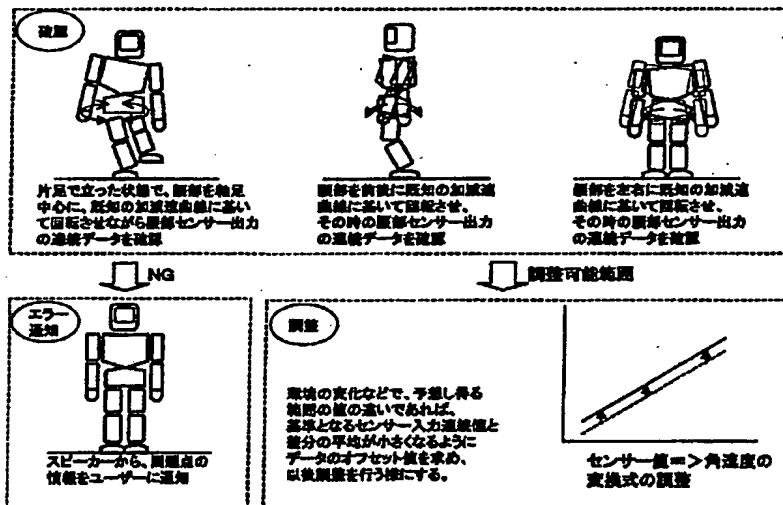
【图7】



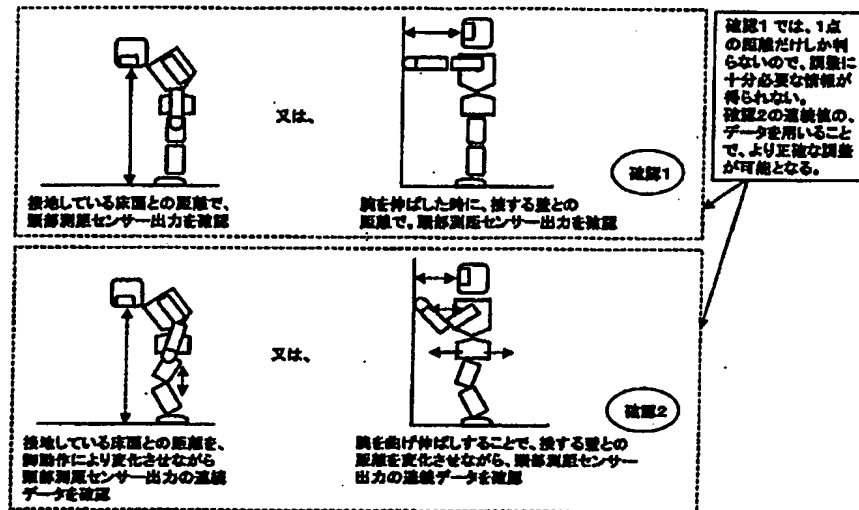
【図9】



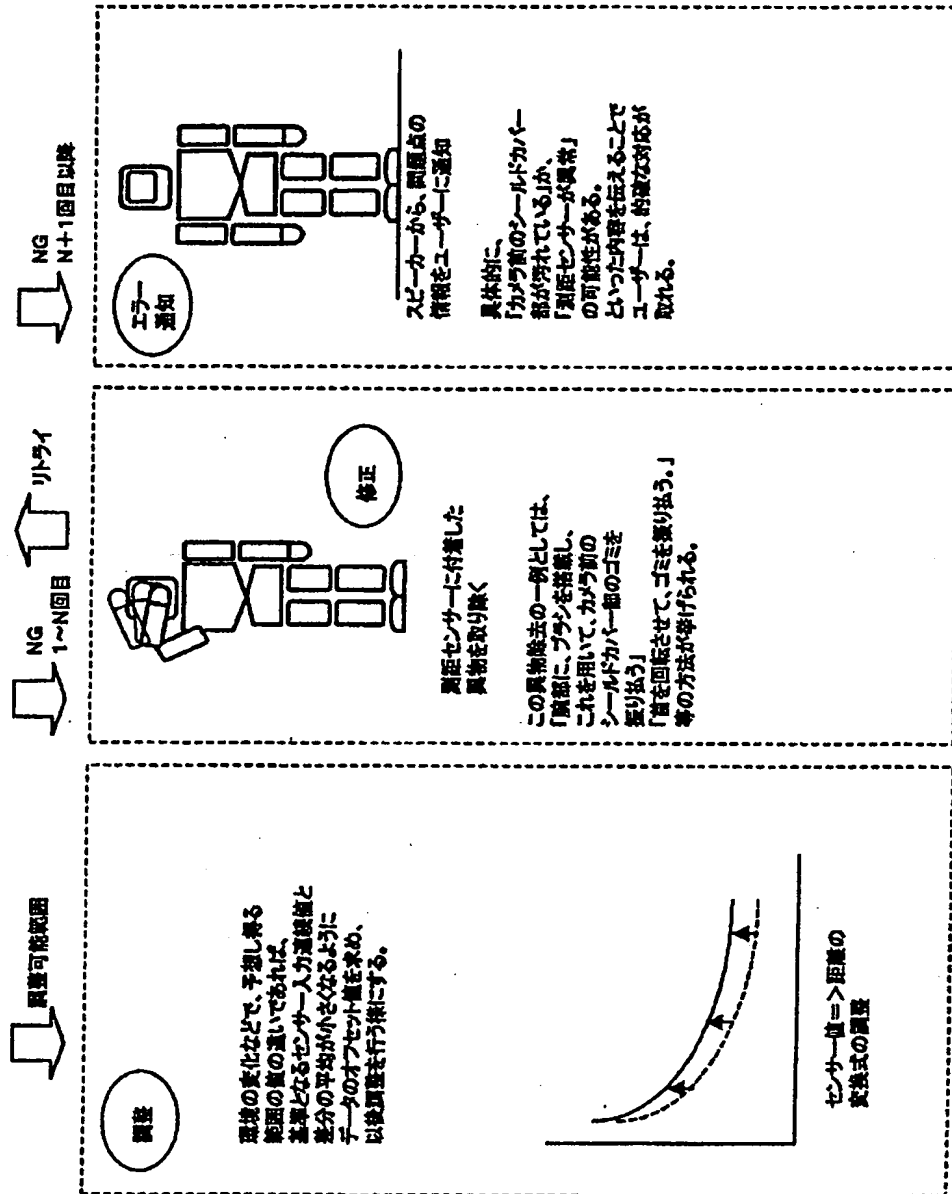
【図10】



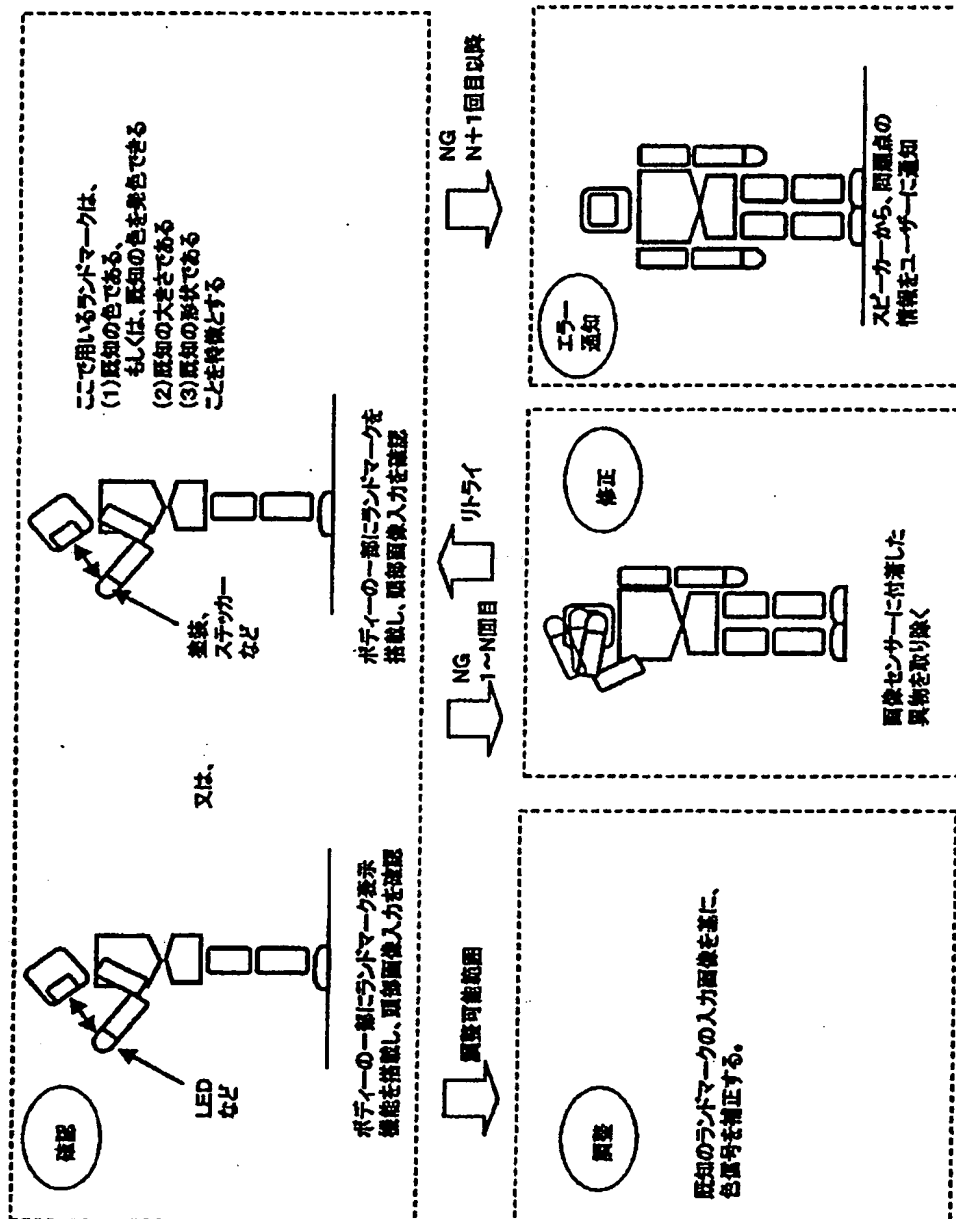
【図11】



【図12】



【図13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.